

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年10 月13 日 (13.10.2005)

PCT

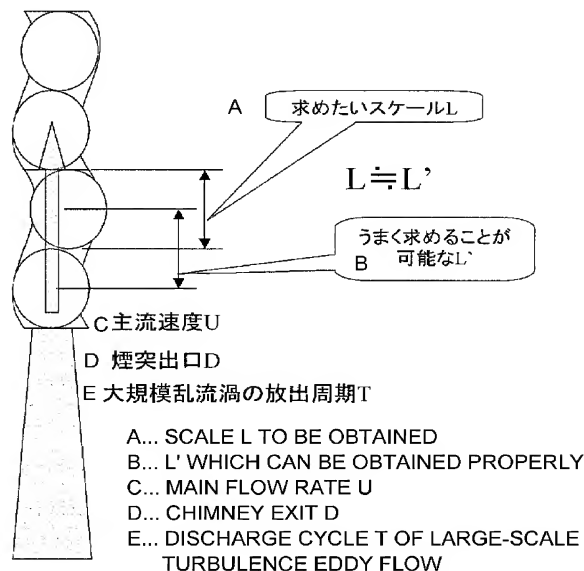
(10) 国際公開番号  
WO 2005/095994 A1

- (51) 国際特許分類: G01P 5/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/006384
- (22) 国際出願日: 2005 年3 月31 日 (31.03.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-102162 2004 年3 月31 日 (31.03.2004) JP  
特願2004-203988 2004 年7 月9 日 (09.07.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京電力株式会社 (THE TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY, INCORPORATED) [JP/JP]; 〒1008560 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森 治嗣 (MORI, Michitsugu) [JP/JP]; 〒1008560 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内 Tokyo (JP). 手塚 英昭 (TEZUKA, Hideaki) [JP/JP]; 〒1008560 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 麦島 隆, 外 (MUGISHIMA, Takashi et al.); 〒1030014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1 丁目 5 番 4 号 塩田ビル 3 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: FLUID MEASURING SYSTEM AND FLUID MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 流体計測システム及び流体計測方法



(57) Abstract: There is provided a new application of a PIV system in a practical level for detecting flow of a fluid to be measured located far away. The fluid measurement system includes a long focus optical system (3) in a CCD camera (2) and image processing means (43) for comparing particle images picked up at two different times and analyzing them. Moreover, the system includes a high pass filter for leaving a high-frequency component of a predetermined frequency or above from a luminance signal of the image, extracts a turbulent flow structure generated in the fluid to be measured, and acquires/images the turbulent flow structure. Thus, it is possible to analyze a flow field of a fluid to be measured which is located in a place to which access is difficult.

(57) 要約: 遠方の被測定流体の流動を検知でき、PIVシステムの実用レベルでの新たな用途を提供する。本発明の流体計測システムは、CCDカメラ2に長焦点光学系3を備えると共に、撮像した2時刻の粒子画像を比較して解析する画像処理手段43を備え

[続葉有]

WO 2005/095994 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護  
が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,  
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,  
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

ている。また、画像の輝度信号から所定以上の高周波成分を残すためのハイパスフィルタを備え、被測定流体中に  
生じている乱流構造を抽出し、かかる乱流構造を捉えて撮像する構成である。このため、接近困難な被測定流体の  
流れ場を解析することができる。

## 明 細 書

### 流体計測システム及び流体計測方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、遠方の被測定流体の流れ場を解析する長距離型の流体計測システム及び流体計測方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] 例えば、発電施設などの煙突から排出される煙を遠方から観測するシステムとして、特許文献1、特許文献2に開示された技術が知られている。これらは、ITVカメラやカラーカメラを複数台用い、各カメラ間の視差や色差を利用して煙突から排出される煙の有無を検知する。

特許文献1:特開昭63-88428号公報

特許文献2:特開平10-232198号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0003] 発電所等の煙突から排出される煙、水蒸気、火山灰、黄砂などについては、発電所等の運転管理や周辺環境への影響予測等のため、煙等の流れの速度や方向などの流動を検知することが望まれる。しかるに、特許文献1及び2に開示された技術では、煙等の有無を検知できるのみである。
- [0004] 一方、近年、複雑な流れ場の流動を、粒子画像の処理により高精度かつ精密に測定する画像相関法及び粒子追跡法(PTV)などの粒子画像流速測定法(以下、「PIV」という)が知られている。例えば、被測定流体の流れ場にレーザ光をシート状に投入してレーザシートを形成して、レーザシート上の2時刻の粒子画像を撮像し、その輝度パターン分布を比較して流体の流速や方向を測定する。しかしながら、PIVは、水・オイルなどの液体の流れ場解析、燃焼の流れ場解析、自動車等の移動物体周囲における風洞実験による流れ場解析など、主として、閉空間における流体の流れ場解析に用いられているに過ぎない。すなわち、従来のPIVは、被測定流体までの距離が1メートル程度といった近距離のいわゆる実験室用として開発されているに

過ぎず、実用レベルでの利用が望まれている。

- [0005] 本発明は上記に鑑みなされたものであり、煙突の排煙、水蒸気、火山灰、黄砂などの遠方の被測定流体の流動を検知でき、PIVの実用レベルでの新たな用途を提供可能な流体計測システム及び流体計測方法を提供することを課題とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0006] 上記課題を解決するに当たって、本発明者らは、まず、長焦点光学系を利用することに着目した。その一方、被測定流体までの距離が長いと、撮像手段の1画素中に複数個の粒子画像が含まれる場合があるが、この場合には、各粒子画像の移動量を求めることはできない。そこで、本発明者は、かかる場合に、被測定流体の乱流構造（渦、ないしは渦に類似した流れ構造からなるクラスタ）を抽出することに着目し、本発明を完成するに至った。

- [0007] すなわち、請求項1記載の発明では、被測定流体に含まれる粒子の画像を微小時間間隔で撮像する撮像手段と、前記撮像手段で取得した連続する複数時刻の輝度パターン分布を比較して、粒子群の移動方向及び移動量を計測し、被測定流体の流れ場を解析する画像処理手段とを備えた流体計測システムであって、

前記撮像手段が長焦点光学系を備え、長距離離間した被測定流体を撮像可能な長距離型であると共に、

前記撮像手段により得られた粒子画像から、被測定流体の乱流構造を抽出する乱流構造抽出手段を備え、前記画像処理手段により、抽出された乱流構造の移動方向及び移動量を計測し、被測定流体の流れ場を解析する構成であることを特徴とする流体計測システムを提供する。

請求項2記載の発明では、前記乱流構造抽出手段が、前記撮像手段により撮像された画像を輝度の空間周波数成分へ変換する空間周波数成分変換手段と、変換された周波数成分から所定以上の高周波成分を残すハイパスフィルタと、ハイパスフィルタによりフィルタリング処理した後の周波数成分を画像へ変換する画像変換手段とを備えていることを特徴とする請求項1記載の流体計測システムを提供する。

請求項3記載の発明では、前記乱流構造抽出手段は、さらに、前記撮像手段により撮像された画像信号に窓関数をかける手段を有することを特徴とする請求項2記載

の流体計測システムを提供する。

請求項4記載の発明では、前記窓関数として、ブラックマン窓を用いることを特徴とする請求項3記載の流体計測システムを提供する。

請求項5記載の発明では、前記撮像手段により得られた連続する複数時刻の輝度パターン分布から、連続する複数時刻の輝度パターン分布の差分を差分輝度パターン分布として求める差分算出手段を有し、

前記画像処理手段では、差分算出手段により得られる連続する複数時刻の差分輝度パターン分布を用いて被測定流体の流れ場を解析するものであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1に記載の流体計測システムを提供する。

請求項6記載の発明では、前記撮像手段が、長距離離間した被測定流体中の自然光反射による輝度パターン分布を撮像可能な長距離型であることを特徴とする請求項1記載の流体計測システムを提供する。

請求項7記載の発明では、レーザ光を被測定流体中にシート状に投入させるレーザ光投入手段をさらに備えると共に、

前記撮像手段が、長距離離間した被測定流体中のレーザ光反射による輝度パターン分布を撮像可能な長距離型であることを特徴とする請求項1記載の流体計測システムを提供する。

請求項8記載の発明では、前記撮像手段の設置位置から10m以上20km以下離間した被測定流体を撮像可能な長距離型であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1に記載の流体計測システムを提供する。

請求項9記載の発明では、長距離離間した被測定流体に含まれる粒子の画像を、長焦点光学系を備えた撮像手段により微小時間間隔で撮像し、

前記撮像手段により取得した複数時刻の粒子画像の輝度パターン分布を比較して、粒子群の移動方向及び移動量を計測し、

前記粒子群の移動方向及び移動量から前記被測定流体の流れ場を解析する流体計測方法であって、

前記撮像手段により得られた粒子画像の1画素中に含まれる粒子数が複数である場合に、被測定流体の乱流構造を抽出し、抽出された乱流構造の移動方向及び移

動量を計測することにより、被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする流体計測方法を提供する。

請求項10記載の発明では、前記被測定流体の乱流構造を抽出する工程では、前記撮像手段により撮像された画像を輝度の空間周波数成分へ変換し、変換された周波数成分から所定以上の高周波成分を残すフィルタリング処理を行い、フィルタリング処理した後の周波数成分を画像へ変換することを特徴とする請求項9記載の流体計測方法を提供する。

請求項11記載の発明では、前記被測定流体の乱流構造を抽出する工程では、さらに、前記撮像手段により撮像された画像信号に窓関数をかける工程を有することを特徴とする請求項10記載の流体計測方法を提供する。

請求項12記載の発明では、被測定流体の自然光反射による輝度パターン分布を撮像し、被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～11のいずれか1に記載の流体計測方法を提供する。

請求項13記載の発明では、被測定流体中にレーザ光をシート状に投入させ、被測定流体のレーザ光反射による輝度パターン分布を撮像し、被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～12のいずれか1に記載の流体計測方法を提供する。

請求項14記載の発明では、前記撮像手段の設置位置から10m以上20km以下離間した被測定流体を撮像し、該被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～13のいずれか1に記載の流体計測方法を提供する。

請求項15記載の発明では、被測定流体として、前記撮像手段の設置位置から10m以上20km以下離間した煙、火山灰、水蒸気、黄砂、雲、花粉又は空気の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～14のいずれか1に記載の流体計測方法を提供する。

## 発明の効果

[0008] 本発明によれば、長焦点光学系と撮像した2時刻の粒子画像を比較して解析する画像処理手段とを備えているため、接近困難な被測定流体の流れ場を解析することができ、PIVシステムの実用レベルでの新たな用途を提供できた。

また、画像の輝度信号から所定以上の高周波成分を残すためのハイパスフィルタを備えた構成とした場合には、被測定流体中に生じている乱流構造を抽出することができ、かかる乱流構造を捉えてPIV手法を適用することにより、自然光下、より遠方の被測定流体を解析することが可能となる。

また、被測定流体の乱流構造を抽出する手段を備えることにより、撮像手段の1画素中に複数個の粒子画像が含まれる場合に、抽出された乱流構造の移動方向及び移動量を計測することにより、被測定流体の流れ場を解析できる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の一の実施形態に係る流体計測システムの概要を示す図である。

[図2]図2は、上記実施形態に係る流体計測システムのコンピュータの概略構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、上記実施形態に係る流体計測システムを用いた流体計測方法の一態様を示す図である。

[図4]図4は、上記実施形態に係る流体計測システムを用いた流体計測方法の他の態様を示す図である。

[図5]図5は、ハイパスフィルタによるフィルタリングする際の空間周波数の求め方を説明するための図である。

[図6]図6(a)は、CCDカメラの1画素中に、多数の粒子からの散乱光の輝度情報が記録される場合のシミュレーション用の原画像であり、図6(b)～(d)は、流体計測システムにより撮影した場合をシミュレーションした画像である。

[図7]図7(a)は、図6(a)と同様に多数の粒子からの輝度情報がCCDカメラの1画素中に記録される平行光源の原画像であり、図7(b)～(d)は流体計測システムにより撮影した場合をシミュレーションした画像である。

[図8]図8は、試験例2の被測定流体である排煙の原画像を示す図である。

[図9]図9は、試験例2においてハイパスフィルタによりフィルタリングしたものを逆変換して示した乱流構造の画像である。

[図10]図10は、試験例2で計測した被測定流体の流れ場の様子を示す図である。

[図11]図11は、試験例2と同様の条件下における排煙のシミュレーション図である。

[図12]図12は、差分算出手段の一例を説明するための概念図である。

[図13]図13は、差分算出手段の他の例を説明するための概念図である。

[図14]図14は、差分算出手段のさらに他の例を説明するための概念図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0010] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて更に詳しく説明する。図1は、本発明の一の実施形態に係る流体計測システム1を示し、撮像手段としての、長焦点光学系3を備えたCCDカメラ2、コンピュータ4等を備えて構成される。

CCDカメラ2に、長焦点光学系3が装着されるが、長焦点光学系3としては、単焦点系のレンズ(以下、「単レンズ」という)を用いることが好ましい。この場合、ターレットを設け、複数種類の単レンズを選択可能な構成とすることがより好ましい。ターレットを用いることにより、単レンズの自動選択も可能となる。ズーム機能を有するレンズの場合、一般に像面湾曲が大きい点で欠点があるが、高屈折率のガラスで安定した像が得られるものであれば使用することができる。なお、本実施形態では、撮像手段として、CCD撮像素子を備えたカメラ(CCDカメラ)を使用しているが、これに代え、CMOS撮像素子を備えたカメラを用いることもできる。

[0011] また、長焦点光学系3を構成する光学望遠鏡としては、ニュートン式、カセグレイン式等のいずれでも使用可能である。また、副鏡は、鏡筒内において副鏡支持具(スパイダー)によって支持されているが、粒子画像を拡大すると、十字型などのスパイダーによる光芒が写し出され、これが粒子画像と重なるなどして判別が困難となる。そこで、従来使用されている十字型などのスパイダーに代え、鏡筒内で、各面が主鏡の光軸に対して直交する向きとなるように配置した平行平板ガラスに副鏡を支持することが好ましい。平行平板ガラスであるため、光の反射が低減され、ノイズとなる光芒の写りを低減できる。なお、平行平板ガラスとしては、光学ガラスから形成することが好ましい。

[0012] コンピュータ4は、図1及び図2に示したように、CCDカメラ2に接続され、CCDカメラ2の駆動を制御する制御手段41と、CCDカメラ2により撮影された画像信号を受信して所定の処理を行う画像取り込み手段42及び画像処理手段43とを備えてなる。制



御手段41は、CCDカメラ2の適切な焦点距離 $f$ の算出等を行うコンピュータプログラムとしての焦点距離調整手段41aを備えてなるが、詳細については後述する。画像取り込み手段42は、CCDカメラ2からのアナログ画像信号をデジタル化するフレームグラバボードを備えてなる。画像処理手段43は、フレームグラバボードから出力されるデジタル画像信号である画像フレームをPIV手法により解析処理する。なお、画像処理手段43の前段に、像の歪み収差などを補正する回路を設けることもできる。

[0013] 画像処理手段43では、CCDカメラ2により微小時間間隔において撮像された連続する2時刻の粒子画像を輝度パターンの分布とみなし、2つの粒子画像を比較解析して粒子群の移動量を推定する。すなわち、粒子画像中のある1点の値を輝度値とし、この輝度値が粒子画像中の所定領域に分布しているものを輝度パターンとして、相互相関法又は輝度差累積法により、かかる輝度パターンの類似度を求め、2画像間の粒子群の画素上の移動量及び移動方向を求める。そして、粒子群の画素上移動量・移動方向と微小時間間隔 $\Delta t$ とにより、被測定流体の実際の流速、流れの方向を求め、流れ場を解析する。

[0014] ここで、画像処理手段43により解析処理して粒子群の移動量等を求めるに当たって、2時刻の粒子画像中の所定の輝度パターンの粒子群が離れすぎていては、両者の相関を知ることが困難である。従って、粒子群の移動距離は縦又は横の全画素数に対して0.5～10%程度(例えば、縦(又は横)の全画素数1000画素の場合で、5～100画素)の領域に収まっていることが好ましい。その一方、本発明では、撮像手段であるCCDカメラ2から長距離離間した遠方の被測定流体の流れ場を解析することを目的としており、CCDカメラ2に長焦点光学系3を装着しているが、粒子群の移動量が上記領域に収まるか否かは、長焦点光学系3の焦点距離 $f$ に依存すると共に、2時刻の撮像時間間隔 $\Delta t$ 、及び被測定流体までの距離 $L$ にも依存する。

[0015] このため、上記制御手段41の焦点距離調整手段41aでは、画像処理手段43により得られる2時刻の粒子画像における粒子群の移動距離が、上記範囲内に収まるようにするため、適切な焦点距離 $f$ を求める演算を行う。具体的には、次の関係式(1)、(2)より、上記範囲内に設定される2時刻の粒子画像における粒子群の設定移動画素数と、かかる設定移動画素数に対応する焦点距離 $f$ を求める。

$$\text{設定移動画素数} = (V \times \Delta t) / D \cdots (1)$$

$$D = (f/L) \times \text{const} \cdots \cdots (2)$$

但し、 $V$ は被測定流体の仮速度、 $\Delta t$ は連続する2時刻の撮像時間間隔、 $D$ は1画素当たりに映る像の大きさ、 $L$ は撮像手段の設置位置から被測定流体までの距離である。 $\text{const}$ は、実験から得られた定数であり、被測定流体の位置に実際にスケールを配置し、当該スケールの単位長さ(例えば、1mm)が何画素に相当するかを測定して得た値である。但し、 $L$ が約20m以上の場合には、 $L$ の値と一致する位置にスケールを配置する必要はなく、約20m以上の任意の位置にスケールを配置してその単位長さが何画素に相当するかを測定して求める。

[0016] (2)式より、1画素当たりに映る像の大きさと $D$ と焦点距離 $f$ とを線形比例の関係とみなし、上記範囲に収まる移動画素数に対応する適切な焦点距離 $f$ を求めることができる。1画素当たりに映る像の大きさ $D$ と焦点距離 $f$ とを線形比例とみなせるのは、被測定流体までの距離 $L$ が遠いことによるものであり、このようにして焦点距離 $f$ を調整することにより、短い処理時間で適切な長焦点光学系3を選択できる。

[0017] なお、被測定流体までの距離 $L$ が短い場合には、1画素当たりに映る像の大きさ $D$ と焦点距離 $f$ との関係は非線形となるため、この場合には、両者の相関を示す非線形テーブルを設定しておくことで対処できる。但し、テレセントリック系の光学系を用いることにより、上記と同様に線形比例とみなして計算することもできる。

[0018] 上記した焦点距離調整手段41aでは、被測定流体までの距離 $L$ を、所定の方法で計測して求めて、被測定流体の仮速度 $V$ を決定し、上記関係式により、該距離 $L$ と仮速度 $V$ に対応する焦点距離 $f$ を有する長焦点光学系3を選択している。すなわち、計算により適切な焦点距離 $f$ を算出しているため、簡易かつ短い処理時間で求められるわけであるが、任意の長焦点光学系3をCCDカメラ2に仮装着し、当該長焦点光学系3を用いて被測定流体の画像を2時刻で測定して、画像処理手段43により仮の流れ場を解析し、得られた粒子群の移動画素数が上記所定の範囲に収まっているか否かにより、適切な焦点距離 $f$ を備えた長焦点光学系3を選択する構成とすることもできる。

[0019] なお、被測定流体までの距離 $L$ の計測方法としては、煙突等の対象物に対し、レー

ザ距離計や測距儀などにより直接計測する方法や、GPSからCCDカメラ2の設置位置の位置情報(経度・緯度)を得て、対象物の位置(経度・緯度)との関係で算出することもできる。また、CCDカメラ2の設置位置と対象物の位置とを地図上で特定し、両者間の距離Lを算出することもできる。

[0020] また、被測定流体までの距離によっては、レーザ光投入手段5を用い、被測定流体にレーザ光をシート状に投入し、CCDカメラ2により撮像することもできる。この場合には、図2に示したように、コンピュータ4の制御手段41に、レーザ光投入手段5によるレーザ光の発振とCCDカメラ2の駆動との同期を図るタイミングコントロール手段41bを設ける。

[0021] ここで、焦点距離調整手段41aにより、長焦点光学系3を決定する方法について、図3に基づき具体的に説明する。

まず、CCDカメラ2を所定の位置にセットする。次に、コンピュータ4の入力手段を利用してCCDカメラ2から被測定流体までの距離Lを、上記のようにレーザ距離計を用いるなどして測定し入力する(S1)。次に、被測定流体の流速V(最大流速V<sub>max</sub>)を入力する(S2)。この流速Vは、上記のように適切な焦点距離fを備えた長焦点光学系3を選択するための仮の値であり、任意の値でよいが、画像処理手段43により得られる2画像間の移動距離を上記のように縦又は横の全画素数の0.5~10%程度に収めるに当たり、より短い作業時間とするためには、被測定流体の最大流速V<sub>max</sub>を入力することが好ましい。最大流速V<sub>max</sub>は、例えば、煙突等から排出される煙の場合には、煙を送り出す送風機の仕様に基づく計算値から求められるものを用いることができる。煙突等から排出される煙の実際の最大流速は、煙突流路の圧損等により、この計算値より低く、通常、計算値以上になることはない。もちろん、送風機の仕様が特定できない場合や火山灰等を測定する場合には、経験値等を参照しておよその最大流速V<sub>max</sub>を入力する。

[0022] 被測定流体までの距離L、仮の流速V(最大流速V<sub>max</sub>)を決定したならば、焦点距離調整手段において、それらに対応する焦点距離fを上記関係式(1)、(2)を用いて算出する(S3)。この際、計算に用いる2時刻の粒子画像の撮像時間間隔 $\Delta t$ は、得られる粒子群の移動画素数を上記範囲に収めるため、できるだけ短いことが好まし

い。通常 $1/60\text{s} \sim 1/30\text{s}$ の範囲で設定される。

- [0023] このようにして焦点距離 $f$ が決定したならば、対応する長焦点光学系3を選択し(S4)、単レンズの場合には、例えば、ターレットを回転させてCCDカメラ2にセッティングし、あるいは、ズーム機構付きの場合には、ズーム調整し、レーザ光投入手段5からレーザ光をシート状に投入し、連続した2時刻の粒子画像を撮像する。なお、焦点距離調整手段41aにより得られた焦点距離 $f$ に対応させてフランジバックを調整して撮像することもできる。
- [0024] 撮像された各画像は、画像取り込み手段42であるフレームグラバボードによりデジタル信号に変換され、画像処理手段43により各粒子画像の輝度パターンの移動量、移動方向から、被測定流体の実際の流れ場の流速、流れの方向等が求められる(S5)。
- [0025] 上記説明では、被測定流体の最大流速 $V_{\text{max}}$ をおよその値で手動入力した場合について説明しているが、図4は、手動ではなく自動入力する場合の上記流体計測システムを用いた計測方法を説明するためのフローチャートである。
- [0026] この図に示したように、被測定流体までの距離 $L$ を自動又は手動で入力する点は上記と同様であるが(S10)、次工程で入力する最大流速 $V_{\text{max}}$ は、適宜の流速を初期値として決定している。具体的には、CCDカメラ2にセッティング可能なものとして準備されている複数種類の長焦点光学系3のうち、焦点距離 $f$ のもっとも短いもの、例えば、焦点距離50mmのもので測定可能な最大流速 $V_{\text{max}}$ (例えば、 $30\text{m/s}$ )が自動的に入力される(S11)。
- [0027] 被測定流体までの距離 $L$ と自動入力される最大流速 $V_{\text{max}}$ を用いて上記関係式(1)、(2)を満足する焦点距離 $f$ を算出する(S12)。そして、算出された焦点距離 $f$ に対応する長焦点光学系3を選択し、CCDカメラ2にセッティングし(S13)、上記と同様に流れ場を計測する(S14)。本態様においては、解析された結果から最大流速 $V_{\text{max}}$ を算出し(S15)、さらに2画像間の移動距離が検出限界以下、すなわち、移動画素数が1画素未満が否かを判定する(S16)。通常、このような事態は生じないが、自動選択された最大流速 $V_{\text{max}}$ が実際よりも大きすぎた場合には、2画像が全く同じになってしまい流れ場を解析できない(工程S15における最大流速も求められない)こと

から、念のため、かかる判定工程を設けておくことが好ましい。移動画素数が1画素未満となった場合には、関係式(1)、(2)の計算に用いる新たな最大流速 $V_{\max}$ を、

$$\text{最大流速 } V_{\max}(\text{新}) = \text{最大流速 } V_{\max}(\text{旧}) \times p$$

( $p$ は任意に規定した緩和係数、例えば $p=0.5$ )

により算出し、改めて関係式(1)、(2)を満足する焦点距離 $f$ を求め、再度上記工程S12～S16を繰り返す。

[0028] 移動画素数が1画素以上の場合には、2画像間の移動距離(移動画素数)が、撮像素子の縦又は横の全画素数に対して0.5～10%程度(例えば、縦(又は横)の全画素数1000画素の場合で、5～100画素)か否かがチェックされる(S17)。かかる条件を満足しない場合には、工程S15により求められた最大流速 $V_{\max}$ を用い、工程S12に戻り、長焦点光学系3を選択し直す。条件を満足する場合は、結果を出力し、計測が終了する。

[0029] ここで、PIV手法により捉える粒子画像は、一つの粒子がCCD撮像素子の2画素以上に跨っている必要があり、さらには2～5画素に跨って捉えられることが好ましいとされているが、遠方の被測定流体を長焦点光学系3を介して撮像した場合、1画素中に含まれる粒子数は多数となり、粒子一つ一つの挙動を2時刻の画像により解析することは困難ないしは不可能である。そこで、本実施形態では、次のような乱流構造抽出手段を備えている。すなわち、この乱流構造抽出手段は、画像取り込み手段42により取り込まれた画像について輝度の空間周波数を演算し、演算した空間周波数成分から所定以上の高周波成分を残すためのハイパスフィルタを備え、ハイパスフィルタを通した後の成分を再び画像へ変換する構成としている。ハイパスフィルタにより、得られた輝度の周波数成分をフィルタリングして所定以上の高周波成分のみを残すことにより、被測定流体のうちから、自然光により反射する粒子の一つ一つを捉えるのではなく、被測定流体中に生じている乱流構造を抽出することができる。ここでいう乱流構造は、渦、ないしは渦に類似した流れ構造からなるクラスタであり、このようにクラスタとして捉えることにより、各乱流構造がCCD撮像素子の2画素以上に跨って捉えられ、PIV手法を用いた解析が可能となる。すなわち、本実施形態では、PIV手法において用いられる粒子画像とは、この乱流構造の画像ということになる。

[0030] 具体的には、撮像された画像の各画像信号をフーリエ変換するなどして空間周波数成分を求め、これをハイパスフィルタによりフィルタリングする。ハイパスフィルタによりフィルタリングする際の空間周波数 $f'$ は、次式、

$$(St/D) \times 1/3 \leq f' \leq (St/D) \times 5 \cdots (3)$$

(但し、式中、「 $St$ 」はストローハル数、「 $D$ 」は乱流構造を発生する物体の代表長さである。)

の範囲で決定することが好ましい。

ここで、空間周波数 $f'$ は、図5に示した例では、煙突から排出される煙の渦のスケールである空間波長 $L$ の逆数であるが、空間波長 $L$ を直接求めることはできない。その一方、連続する2つの渦の中心間距離 $L'$ は次式により求めることができる。

$$L' = U \times T \cdots (4)$$

(但し、 $U$ は煙の主流速度、 $T$ は渦の放出周期である。)

そこで、この $L'$ を空間波長に置き換えると、空間周波数 $f' = 1/L'$ となる。

一方、ストローハル数 $St = (1/T) \times (D/U)$ より、

$$U = (1/T) \times (D/St) \cdots (5)$$

となる。

そして、(5)式を(4)式に代入すると、

$$L' = D/St, \text{ すなわち、} f' = 1/L' = St/D \cdots (6)$$

となる。

(6)式により求められる $f'$ がフィルタリング時において用いられる空間周波数となるが、有効な乱流構造を抽出するに当たっては、(6)式により求められる値のみに限定されず、(6)式により求められる $f'$ の値の $1/3$ 倍以上5倍以下の範囲で決定することができ、上記(3)式が空間周波数 $f'$ を決定する条件となる。

[0031] (3)式(又は(6)式))によれば、主流速度 $U$ や放出周期 $T$ を求めることなく、乱流構造を発生する物体の代表長さ $D$ とストローハル数 $St$ のみで空間周波数 $f'$ を容易に求めることができる。代表長さ $D$ は、例えば、煙突の直径であるため、容易にその値を知ることができると共に、ストローハル数 $St$ は、実験により、乱流構造を発生する物体の形状に応じてその値が既知となっている(例えば、井上、木谷「乱れと波の非線形現

象」(朝倉書店 1993)162頁参照)。

- [0032] フィルタリング時の空間周波数 $f'$ として、上記(3)式の範囲より小さな値を用いた場合には、原画像に近くなり乱流構造を識別できず、大きい値を用いた場合には、乱流構造自体も除去されてしまうため、好ましくない。

なお、乱流構造抽出手段は、撮像された画像の各画像信号をフーリエ変換する前の前処理として、ブラックマン窓をかける手段を有することが好ましい。これにより、参照領域のエッジ部分の値がゼロになって高周波成分が落ちるため、解析精度の低下を抑制できる。ブラックマン窓とは、異なる周期の余弦波を有する窓関数であり、サイドローブ・レベルが非常に小さいのが特徴である(例えば、「画像解析ハンドブック:高木幹夫・下田陽久監修:東京大学出版」参照)。

- [0033] A. 遮蔽体の有効性確認シミュレーション試験

本発明者らは、長焦点光学系3を構成する光学望遠鏡3の主鏡に、その中央部を含む部分を任意の遮蔽率で遮蔽する遮蔽体を付設した構成とすると、トレーサー粒子を撮像する場合、一つの粒子画像の輪郭が際立った状態を維持して、すなわちピンぼけするのではなく、ピントが合ったまま拡大されることを見出したが、これが、1画素中に複数の粒子を含む乱流構造を捉える場合にも当てはまるか否かにつき、次のようなシミュレーション試験により確認した。

- [0034] (試験例1)

・シミュレーション試験で算出に用いる流体計測システムの条件

(a)長焦点光学系

口径140mm、焦点距離2,000mm

(b)CCDカメラ

1画素当たりの大きさ:9  $\mu$  m

- [0035] ・計測シミュレーション

図6(a)は、20m離れた距離から上記光学望遠鏡を使用して撮像されるCCDカメラ2の1画素中に、多数の粒子からの散乱光の輝度情報が記録される場合のシミュレーション用の原画像であり、図6(b)～(d)は、上記流体計測システム1により、遮蔽体による遮蔽率(中央遮蔽率)を変化させて撮影した場合をシミュレーションした画像であ

る。

図7(a)は、図6(a)と同様に多数の粒子からの輝度情報がCCDカメラ2の1画素中に記録される平行光源の原画像であり、図7(b)～(d)は、上記流体計測システム1により、中央遮蔽率を変化させて撮影した場合をシミュレーションした画像である。なお、図6(b)及び図7(b)は、中央遮蔽体による中央遮蔽率0%の場合を、図6(c)及び図7(c)は、中央遮蔽率35%の場合を、図6(d)及び図7(d)は、中央遮蔽率50%の場合をそれぞれ示す。また、図7(e)は口径70mmの長焦点光学系を使用した場合であって、中央遮蔽率0%の場合のシミュレーション画像である。

これらの図から明らかなように、1画素中の粒子数が複数になる場合には、中央遮蔽率が高くなると画像が不鮮明になることがわかった。従って、被測定流体の乱流構造を抽出して測定する超長距離用に用いる本実施形態の流体計測システム1においては、遮蔽体の遮蔽率は低いほど好ましい。好ましい遮蔽率は0～40%であり、より好ましくは0～20%であり、最も好ましくは0%である。但し、図7(b)及び図7(e)を比較すると、長焦点光学系の口径が大きくなると画像が鮮明になっている。

[0036] B. 実際の流れ場の解析試験

上記各流体計測システム1について、長焦点光学系3を介して被測定流体を撮像し、PIV手法によりその流れ場を解析する試験を行った。

[0037] (試験例2)

・流体計測システム1の構成

(a)長焦点光学系3

マクストフ・カセグレン光学望遠鏡(ORION OPTICS社製、製品名「OMI-140」(口径140mm、焦点距離2,000mm))

なお、測定時は、レデューサーを用いて焦点距離1,260mmに調整した。

また、主鏡前面には特別な遮蔽体を設けていないが、上記マクストフ・カセグレン光学望遠鏡の固有の中央遮蔽率は33%であった。

上記マクストフ・カセグレン光学望遠鏡はCCDカメラ2に装着して、20m及び50m離れた位置から、方眼紙及びスケールの画像を撮影して比較したところ、像のゆがみがないことを確認した。



## (b) CCDカメラ2

製品名「MEGAPLUS ES1.0 (10-bit)」(Redlake社製(1画素当たりの大きさは $9\mu\text{m}$ ))

## (c) フレームグラバード

製品名「PIXCI-D2X」(EPIX社製)(フレームグラバードを介して、CCDカメラ2により得られたデジタル画像信号がコンピュータ4のハードディスクに記録される。)

## [0038] ・計測

被測定流体は、火力発電所の煙突先端から排出される排煙とし、被測定流体から7.8km離れた位置に流体計測システム100を設置した。日光下、撮像時間間隔 $\Delta t = 1/30\text{s}$ で撮像した。得られた2時刻の各画像信号をフーリエ変換して空間周波数成分を求め、これを上記したハイパスフィルタにより所定以上の高周波成分のみを残し、乱流構造を抽出した。本試験例の場合、フィルタリングする周波数 $f'$ の決定に用いる上記式の代表長さ $D$ は、煙突先端の吐出口の直径を10mとし、ストローハル数 $St$ は、流れの解析における一般的な数値(例えば、井上、木谷「乱れと波の非線形現象」(朝倉書店 1993)162頁)から0.4としており、結果として、 $f'$ は、 $0.04(1/\text{m})$ となっている。そして、この乱流構造の画像を画像処理手段43において相互相関法により解析処理した。

[0039] 図8は、本試験例の被測定流体である排煙の原画像を示す。図9は、ハイパスフィルタによりフィルタリングしたものを逆変換して示した乱流構造の画像である。図9から、ハイパスフィルタによりフィルタリング処理されることにより、乱流構造が抽出されていることがわかる。図10は、図9のようにして求めた2時刻の画像を用いて、被測定流体の流れ場の様子をベクトルで示した図である。図10に示したように、本試験例の手法により、十分な輝度で排煙の移動量、移動方向を捉えることができた。

[0040] 比較のため、上記により測定された排煙と同じ条件下で、数値解析コード「STAR-CD(商品名)」を用いてシミュレーションを行った。そのシミュレーション結果が、図11である。図10と図11とを比較すると、上昇する排煙の形状、速度ベクトルがよく一致していた。また、図10から得られた煙突から排出される排煙の流量は火力発電所の運転流量とほぼ一致していた。従って、本試験例で用いた計測システムは、被測

定流体までの距離が7.8kmといった超長距離における流れ場の測定に適していることがわかる。

[0041] ここで、本発明の長焦点光学系を用いて被測定流体の流れ場を解析するに当たって、屋外で撮像する場合の特徴として、CCDカメラ2によって撮像された画像中に、不要な背景(山、ビルなど)が写り込んでしまう。そこで、この場合には、画像処理手段により処理する前の前処理手段として、差分算出手段を設定しておくことが好ましい。

[0042] 差分算出手段は、例えば、 $\Delta t_1$ の時間間隔で連続する2時刻の画像を一組撮像し、 $\Delta t_2$ 時間をおいて、再び $\Delta t_1$ の時間間隔で連続する2時刻の画像を一組撮像するということを繰り返し、 $\Delta t_1$ の時間間隔の2時刻の画像を複数組撮像する。そして、図12に示したように、各組における連続する2時刻の画像間の差分をとる。その結果、同じ画素上の同じ画像信号はキャンセルされる。すなわち、2つの画像に写っている動かない背景の画像信号はキャンセルされ、結果として、移動した乱流構造の画像のみが残る。このようにして差分算出手段で得られた画像を差分輝度パターン分布とし、 $\Delta t_2$ 時間をおいた2つの差分輝度パターン分布画像を得て、これを画像処理手段43により処理する。これにより、画像処理する際に背景の画像信号が邪魔にならず、被測定流体の流れ場解析の精度を向上させる。

[0043] 差分算出手段としては、上記のほか、図13に示したように、 $\Delta t_1$ 時間間隔で連続する3時刻の画像を複数組撮像し、各組において中心差分を求め、その中心差分により得られた差分輝度パターン分布画像を用いる手段であってもよい。また、図14に示したように、 $\Delta t_1$ 時間間隔で連続する複数時刻の画像を次々に撮像していき、連続する2時刻の画像同士で次々に差分輝度パターン分布画像を得ていく手段を採用することもできる。

[0044] また、長距離離間した遠方の被測定流体を撮像する場合、CCDカメラ2のピントが合っていたとしても被写界深度が深い。このため、1m程度の近距離の被測定流体を撮像した場合と比較して、乱流構造の速度ベクトルを2次元座標上に再現する際の精度が劣る。そこで、より正確な2次元の速度ベクトルを得るために、CCDカメラ2を3台準備し、3方向から同じ被測定流体を撮像する手段を用いることが好ましい。例え

ば、中央のCCDカメラと被測定流体とを結ぶ線に対して、左右に所定の角度 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 離れた位置に他の2台のCCDカメラを設置する。画像処理手段43では、まず、それぞれのカメラから得られた画像を処理し、速度ベクトルを求める。次に、各角度 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ と、左右の各CCDカメラから被測定流体までの距離を用いて、左右の各CCDカメラで得られた画像を処理して得られた速度ベクトルを、中央のCCDカメラの位置で撮像した場合に得られる速度ベクトルに座標変換する。そして、この座標変換された左右の各画像の速度ベクトルを、中央のCCDカメラで撮像された画像の速度ベクトルと対比し、重複した乱流構造の速度ベクトルのみを抽出する。これにより、被写界深度が深い場合でもより正確な2次元の速度ベクトルを得ることができる。

#### 産業上の利用可能性

- [0045] 以上のことから、本発明では、長焦点光学系を用いて撮像し、得られた画像をPIV手法を用いて処理することにより、接近困難な遠方の被測定流体の流れ場を解析することができる。従って、例えば、煙突の煙の流れ場を解析することによる発電所の運転管理、原子力発電所や地熱発電所のクーリングタワーからの蒸気の流れ場を解析することによる運転管理、火山灰や黄砂の流れ場を解析することによる環境への影響評価などに利用することができる。また、大規模火災現場から発生した煙の流れ場を解析して、その対策や避難誘導等に資することができる。また、遠方の被測定流体にレーザ光を投入可能とすることにより、空気流の解析も可能である。このほか、雲（雲底部）の流れ場を解析することにより、地域的な天気予報に利用することもできるし、送電線や送電鉄塔周りの風の解析や花粉の流れの測定に利用することもできる。また、火山の噴火や大規模火災などにおいては、本発明の流体計測システムを車両に搭載し、移動しながら流れ場を解析していくこともでき、災害の発生状況のリアルタイムでの把握や有効な災害対策にも役立つ。なお、長焦点光学系から被測定流体までの距離は、長焦点光学系や使用する撮像素子の精度によっても異なり、特に限定されるものではないが、入手可能な長焦点光学系等の性能を考慮すると、10m以上20km以下で用いることが実用的には好ましい。特に、本発明は、乱流構造を抽出し、乱流構造の速度ベクトルを求めるものであるため、中でも、1km以上20km以下の超長距離用として適している。

## 請求の範囲

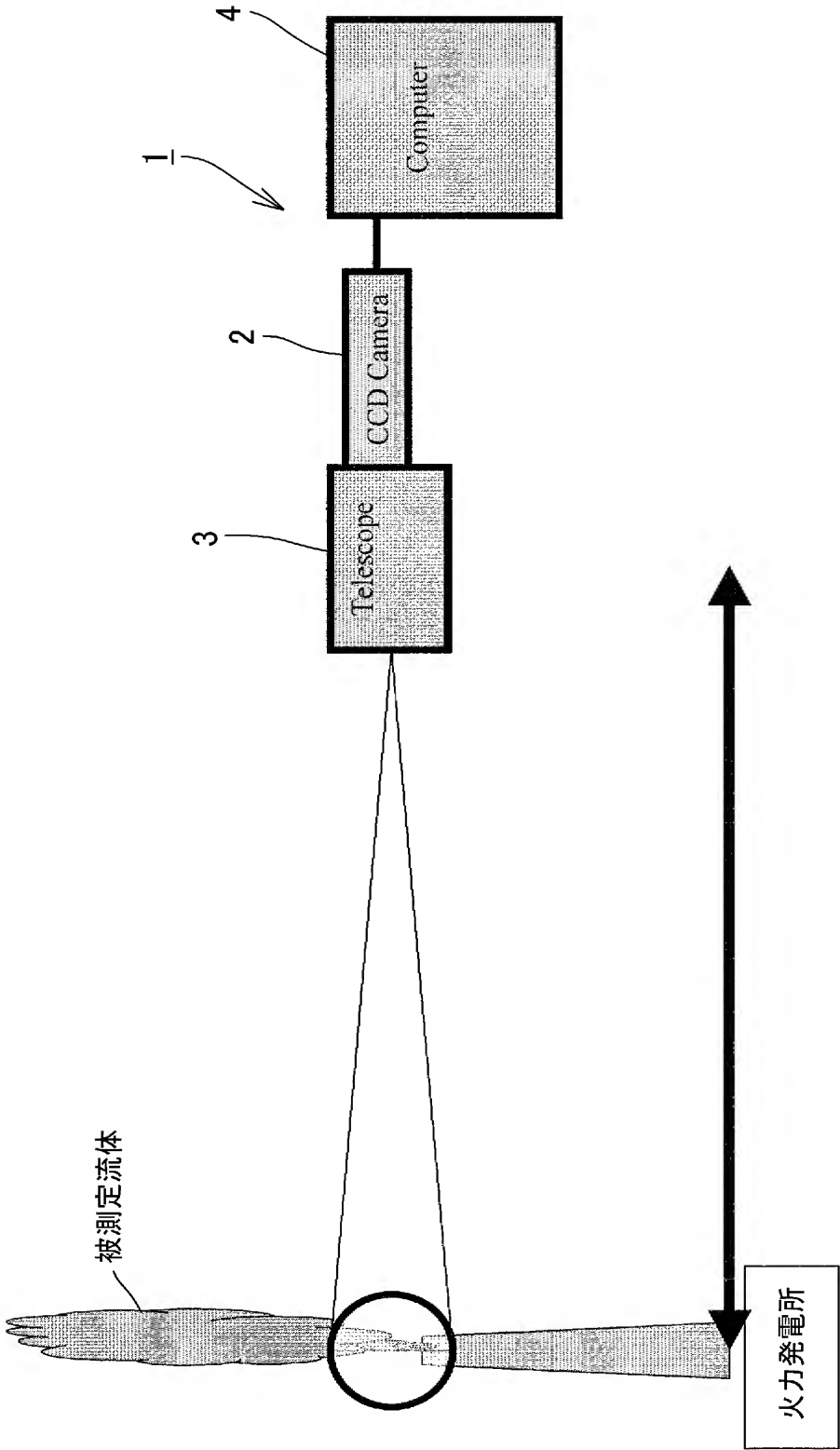
- [1] 被測定流体に含まれる粒子の画像を微小時間間隔で撮像する撮像手段と、前記撮像手段で取得した連続する複数時刻の輝度パターン分布を比較して、粒子群の移動方向及び移動量を計測し、被測定流体の流れ場を解析する画像処理手段とを備えた流体計測システムであって、
- 前記撮像手段が長焦点光学系を備え、長距離離間した被測定流体を撮像可能な長距離型であると共に、
- 前記撮像手段により得られた粒子画像から、被測定流体の乱流構造を抽出する乱流構造抽出手段を備え、前記画像処理手段により、抽出された乱流構造の移動方向及び移動量を計測し、被測定流体の流れ場を解析する構成であることを特徴とする流体計測システム。
- [2] 前記乱流構造抽出手段が、前記撮像手段により撮像された画像を輝度の空間周波数成分へ変換する空間周波数成分変換手段と、変換された周波数成分から所定以上の高周波成分を残すハイパスフィルタと、ハイパスフィルタによりフィルタリング処理した後の周波数成分を画像へ変換する画像変換手段とを備えていることを特徴とする請求項1記載の流体計測システム。
- [3] 前記乱流構造抽出手段は、さらに、前記撮像手段により撮像された画像信号に窓関数をかける手段を有することを特徴とする請求項2記載の流体計測システム。
- [4] 前記窓関数は、ブラックマン窓を用いることを特徴とする請求項3記載の流体計測システム。
- [5] 前記撮像手段により得られた連続する複数時刻の輝度パターン分布から、連続する複数時刻の輝度パターン分布の差分を差分輝度パターン分布として求める差分算出手段を有し、
- 前記画像処理手段では、差分算出手段により得られる連続する複数時刻の差分輝度パターン分布を用いて被測定流体の流れ場を解析するものであることを特徴とする請求項1～4のいずれか1に記載の流体計測システム。
- [6] 前記撮像手段が、長距離離間した被測定流体中の自然光反射による輝度パターン分布を撮像可能な長距離型であることを特徴とする請求項1記載の流体計測シ

テム。

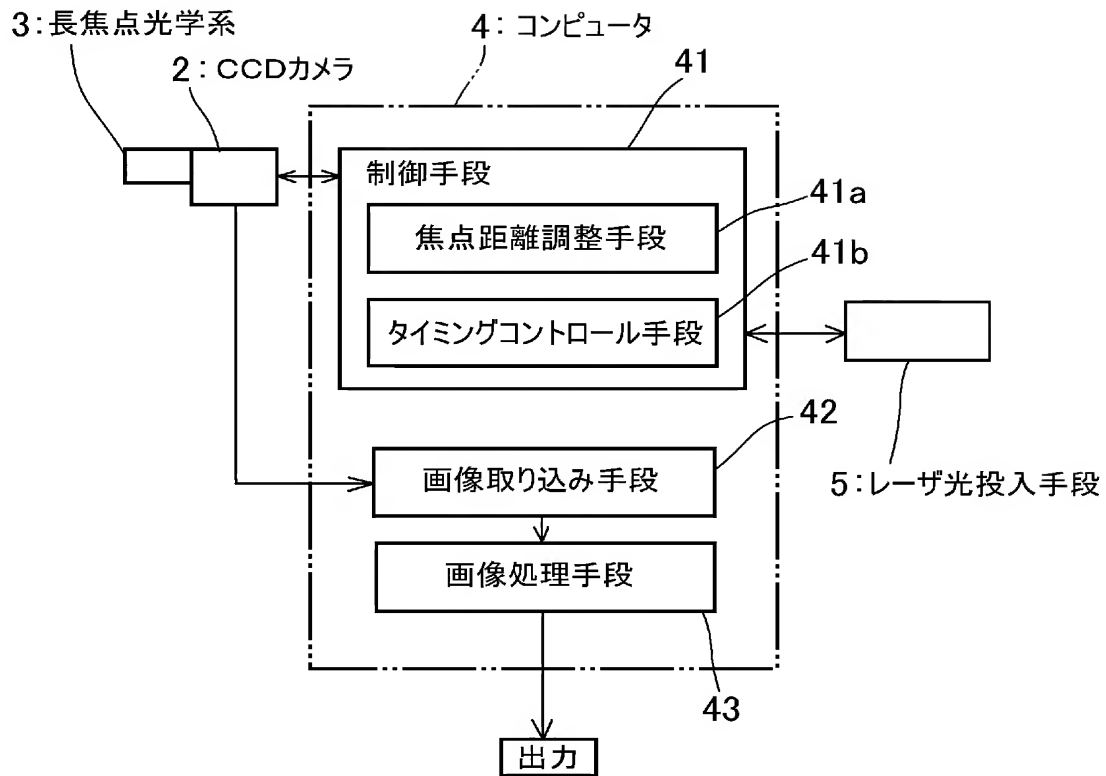
- [7] レーザ光を被測定流体中にシート状に投入させるレーザ光投入手段をさらに備え  
ると共に、  
前記撮像手段が、長距離離間した被測定流体中のレーザ光反射による輝度パ  
ターン分布を撮像可能な長距離型であることを特徴とする請求項1記載の流体計測シ  
ステム。
- [8] 前記撮像手段の設置位置から10m以上20km以下離間した被測定流体を撮像可  
能な長距離型であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1に記載の流体計測シ  
ステム。
- [9] 長距離離間した被測定流体に含まれる粒子の画像を、長焦点光学系を備えた撮  
像手段により微小時間間隔で撮像し、  
前記撮像手段により取得した複数時刻の粒子画像の輝度パターン分布を比較して  
、粒子群の移動方向及び移動量を計測し、  
前記粒子群の移動方向及び移動量から前記被測定流体の流れ場を解析する流体  
計測方法であって、  
前記撮像手段により得られた粒子画像の1画素中に含まれる粒子数が複数である  
場合に、被測定流体の乱流構造を抽出し、抽出された乱流構造の移動方向及び移  
動量を計測することにより、被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする流体計  
測方法。
- [10] 前記被測定流体の乱流構造を抽出する工程では、前記撮像手段により撮像された  
画像を輝度の空間周波数成分へ変換し、変換された周波数成分から所定以上の高  
周波成分を残すフィルタリング処理を行い、フィルタリング処理した後の周波数成分  
を画像へ変換することを特徴とする請求項9記載の流体計測方法。
- [11] 前記被測定流体の乱流構造を抽出する工程では、さらに、前記撮像手段により撮  
像された画像信号に窓関数をかける工程を有することを特徴とする請求項10記載の  
流体計測方法。
- [12] 被測定流体の自然光反射による輝度パターン分布を撮像し、被測定流体の流れ  
場を解析することを特徴とする請求項9～11のいずれか1に記載の流体計測方法。

- [13] 被測定流体中にレーザ光をシート状に投入させ、被測定流体のレーザ光反射による輝度パターン分布を撮像し、被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～12のいずれか1に記載の流体計測方法。
- [14] 前記撮像手段の設置位置から10m以上20km以下離間した被測定流体を撮像し、該被測定流体の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～13のいずれか1に記載の流体計測方法。
- [15] 被測定流体として、前記撮像手段の設置位置から10m以上20km以下離間した煙、火山灰、水蒸気、黄砂、雲、花粉又は空気の流れ場を解析することを特徴とする請求項9～14のいずれか1に記載の流体計測方法。

[図1]

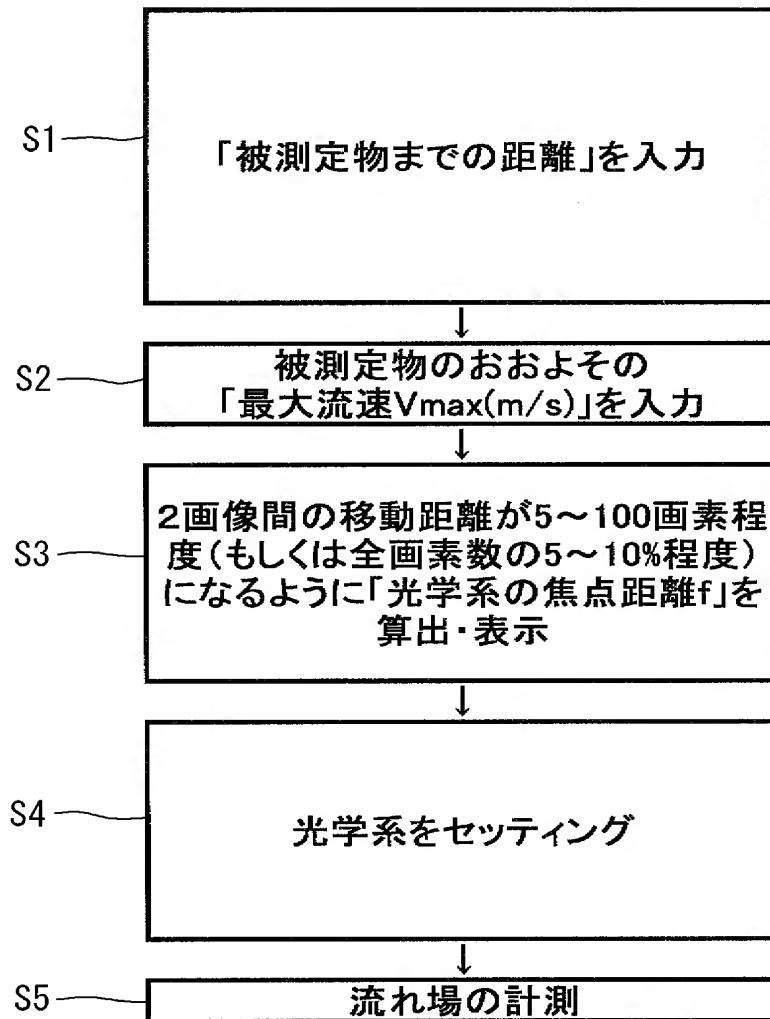


[図2]

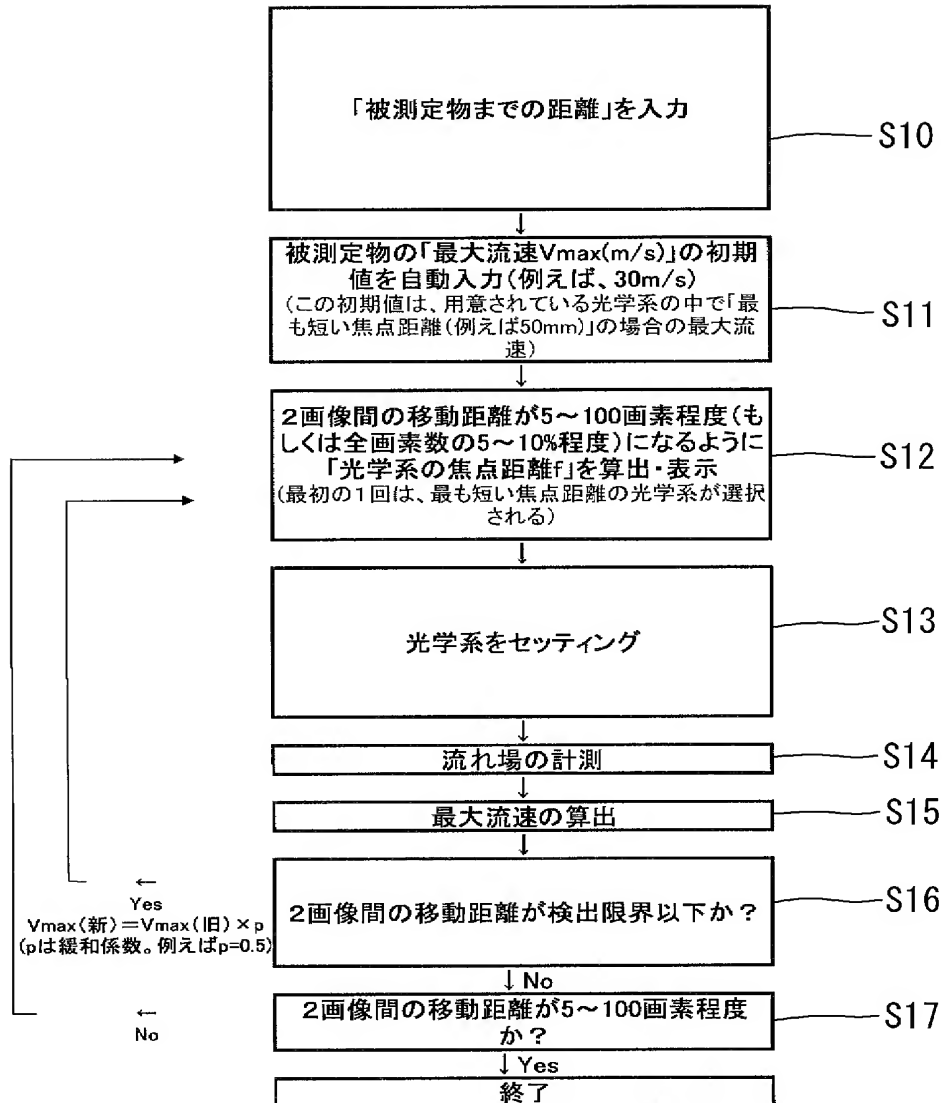




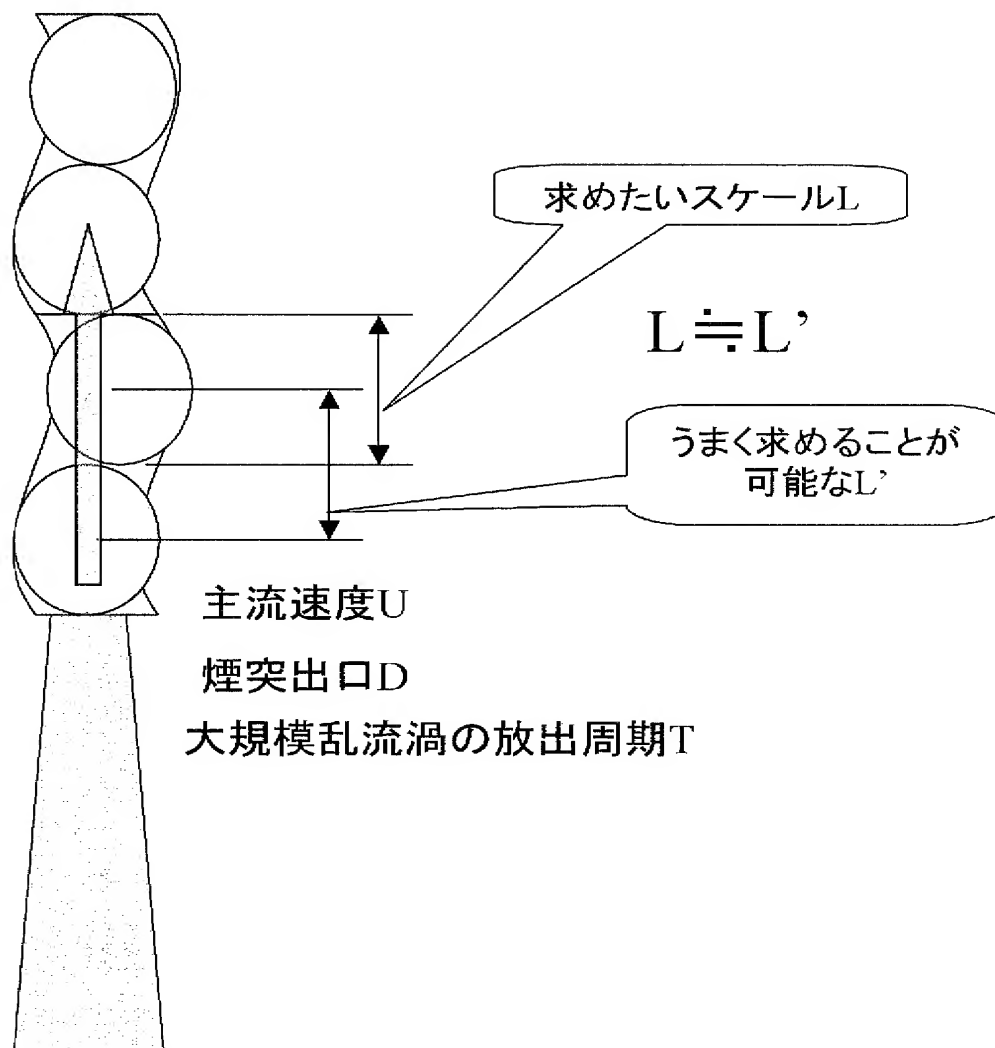
[図3]



[図4]

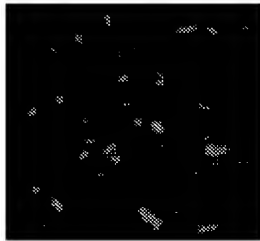


[図5]



[図6]

(a)



原画像

(c)

口径 140 mm  
(中央遮蔽率 35%)

(b)

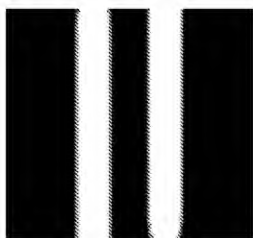
口径 140 mm  
(中央遮蔽率 0%)

(d)

口径 140 mm  
(中央遮蔽率 50%)

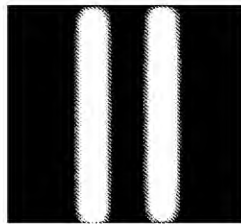
[図7]

(a)



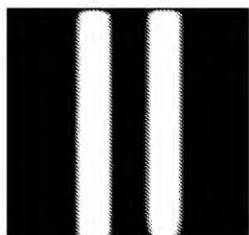
原画像

(d)



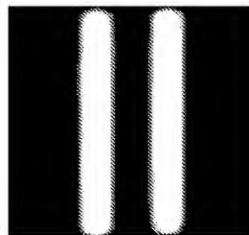
口径 140 mm  
(中央遮蔽率 50%)

(b)



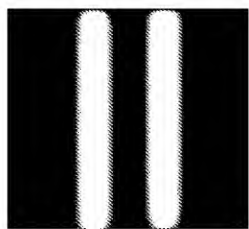
口径 140 mm  
(中央遮蔽率 0%)

(e)



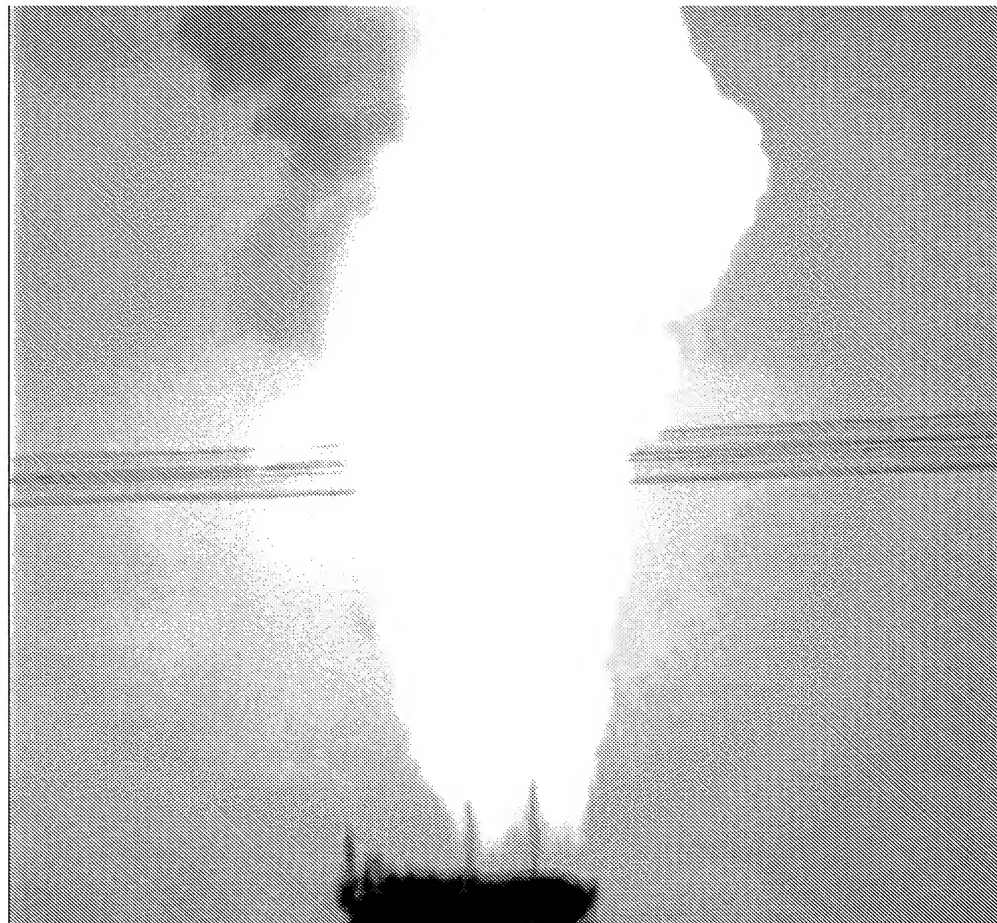
口径 70 mm  
(中央遮蔽率 0%)

(c)

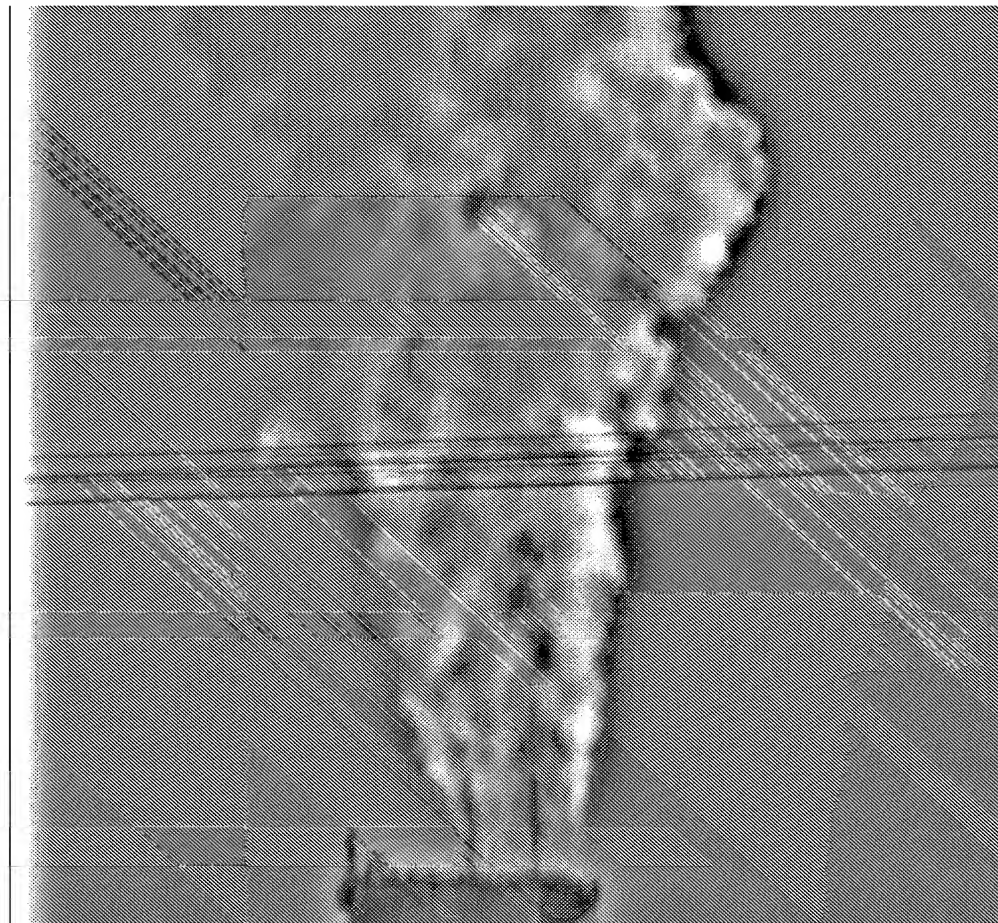


口径 140 mm  
(中央遮蔽率 35%)

[図8]



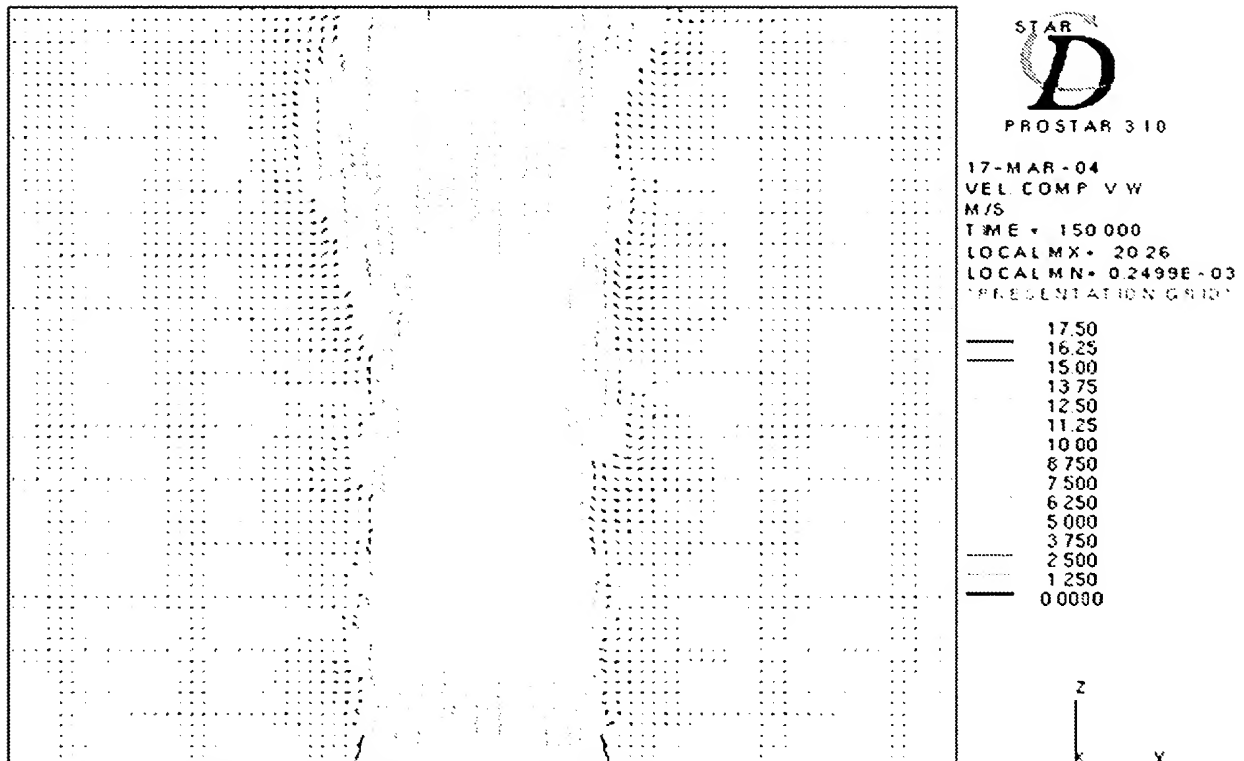
[図9]



[図10]



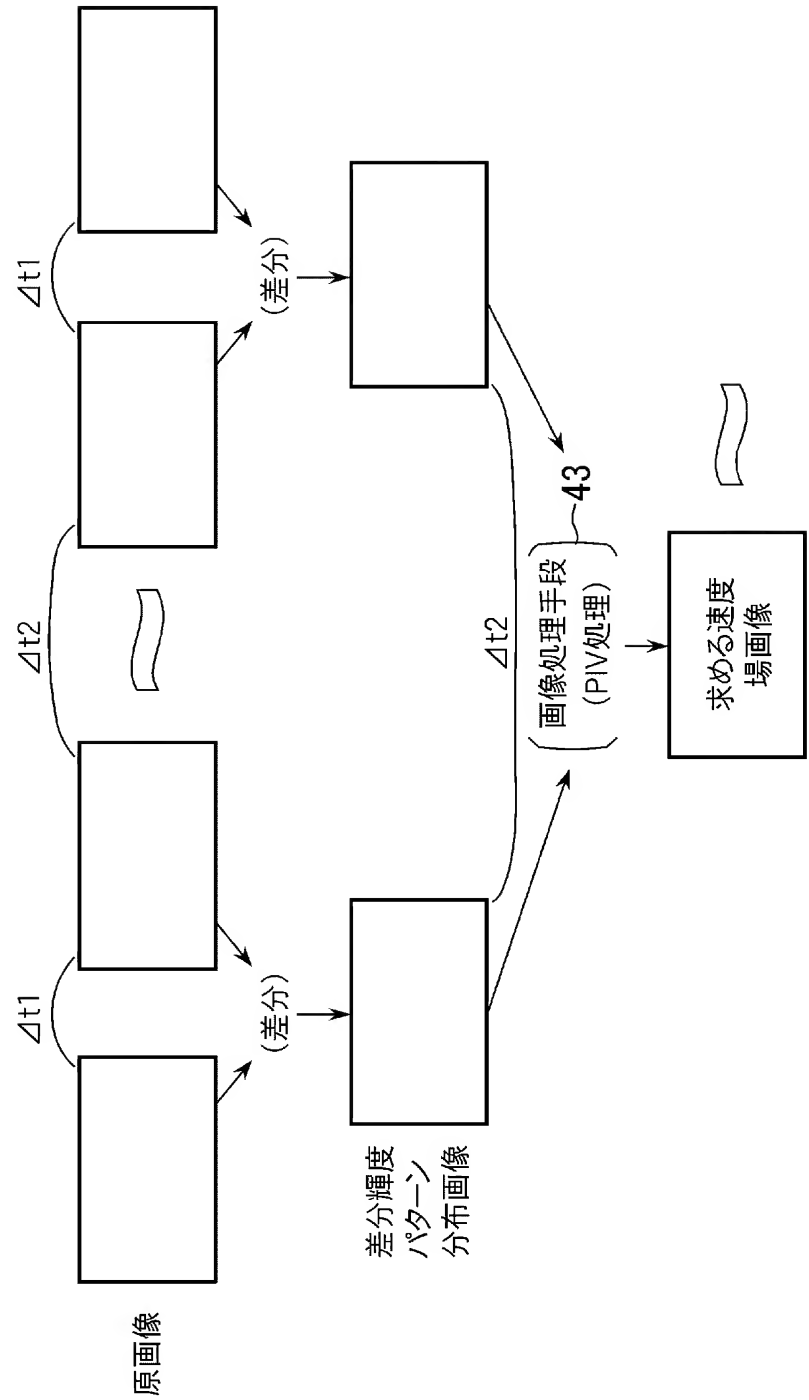
[図11]



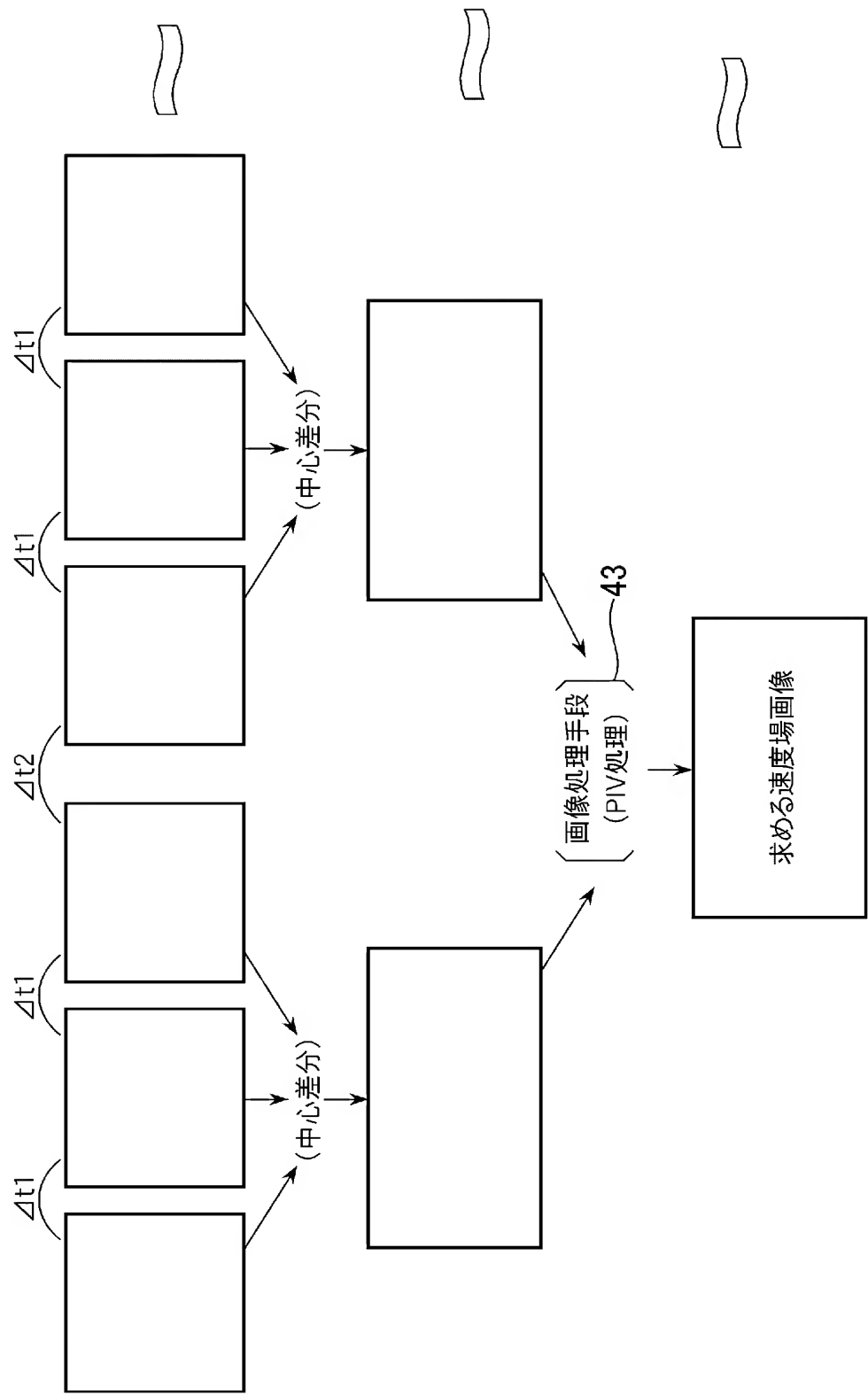
The Prediction of Heat and Flow around a Chimney ( CASE2 )  
SEC1



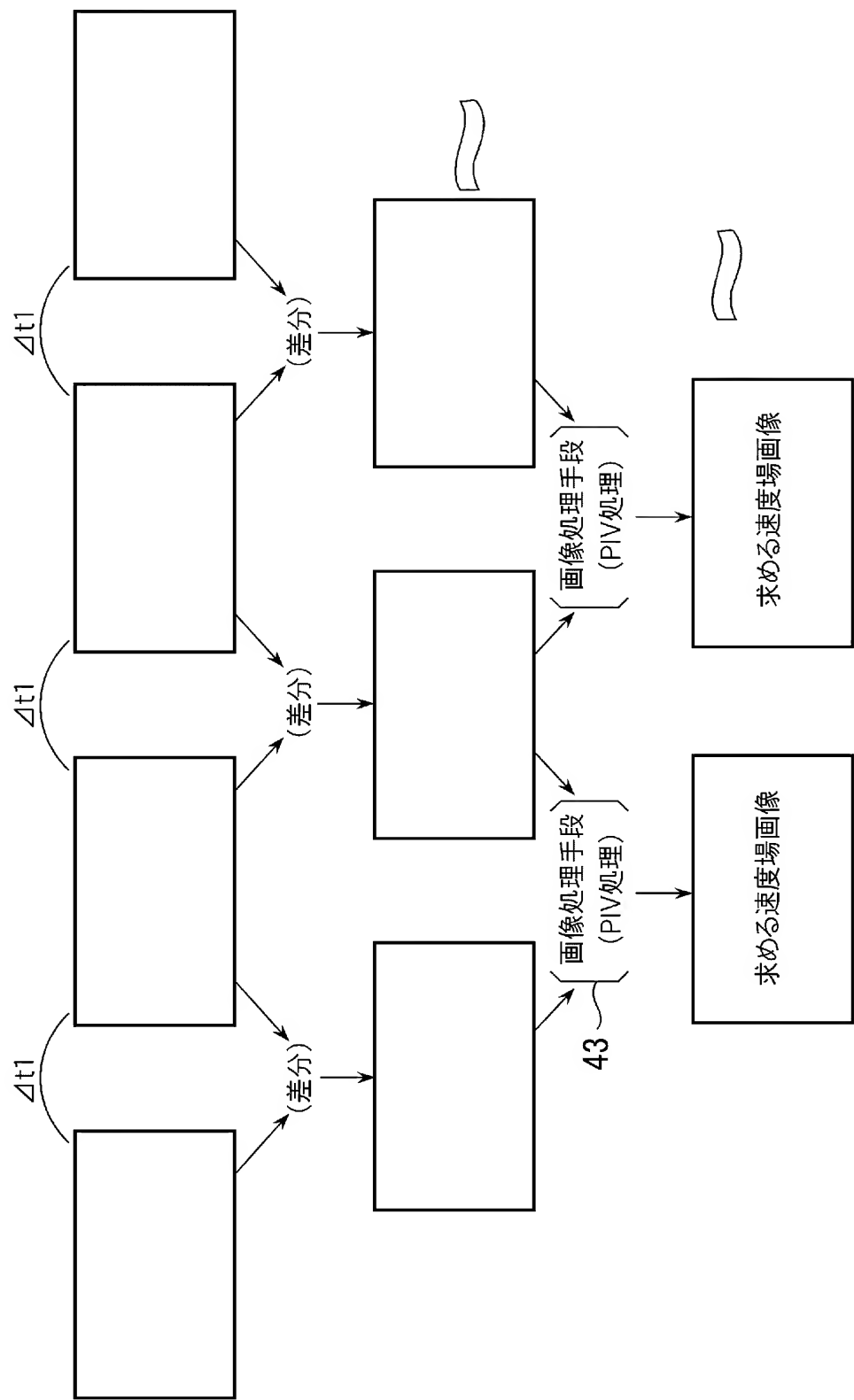
[図12]



[図13]



[図14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006384

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G01P5/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G01P5/18-5/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-84005 A (The Tokyo Electric Power Co., Inc.), 19 March, 2003 (19.03.03), Claim 1; Par. Nos. [0011], [0036]; Fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 6-66823 A (Toshiba Corp.), 11 March, 1994 (11.03.94), Par. No. [0005]; Fig. 4 (Family: none)	1-15
A	JP 7-5188 A (Anritsu Corp.), 10 January, 1995 (10.01.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 May, 2005 (30.05.05)

Date of mailing of the international search report

14 June, 2005 (14.06.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G01P 5/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G01P 5/18-5/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-84005 A (東京電力株式会社) 2003. 03. 19, 【請求項1】【0011】【0036】【図1】(ファミリー無)	1-15
A	JP 6-66823 A (株式会社東芝) 1994. 03. 11, 【0005】【図4】(ファミリー無)	1-15
A	JP 7-5188 A (アンリツ株式会社) 1995. 01. 10, 全文、全図 (ファミリー無)	1-15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30. 05. 2005

国際調査報告の発送日

14.06.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森口 正治

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F

9403